

夹活岩特长公路隧道竖井设计及施工方法探讨

张开顺，余斌，申家喜

(中铁十一局集团第五工程有限公司 重庆市 400037)

摘 要: 介绍了夹活岩特长公路隧道通风工程的规模、国内外公路隧道通风竖井的主要施工方法及各自的适用条件和优缺点。重点介绍了夹活岩隧道通风竖井的设计,探讨了竖井施工的适用方法,同时提出了通风竖井设计及施工中所面临的问题。

关键词: 公路隧道; 通风竖井; 设计; 施工方法

1 夹活岩隧道通风概况

夹活岩特长公路隧道是宜昌~恩施高速公路穿长阳岭主脊的控制性工程。技术标准为:四车道高速公路,设计行车速度为80 km/h,主洞长度5 228 m,双洞总长度10 335 m。结合本工程通风需风量及地形条件,以先期建设投资与后期运营费用并重、近远期工程相结合、正常运营和防灾救灾相结合为原则,由于左线全线为下坡,需风量较小,所以采用全射流纵向通风方案;右线为上坡,需风量大,采用单竖井送排式加射流风机纵向通风,在YK49+155处设置一竖井,竖井长度365 m,直径8.0 m,中间设置隔板,将其分为两个通风井,一个为排风井,一个为送风井,隧道内再布置射流风机调压。

从隧道地质勘测结果及隧道埋深考虑,推荐采用地下风机房,有利于环境保护,养护维修和运营管理方便,对隧道周围环境影响小。不利的是需修建长约 6 km 的施工便道。

要求,有利于施工通风及布设电线、通信线;

(4)在技术上,根据围岩侧压力计算,要安全、经济、合理,具有工程可行性。

同时考虑技术、经济、安全、适用等方面的因素,竖井采用圆形断面,竖井断面如图1所示。

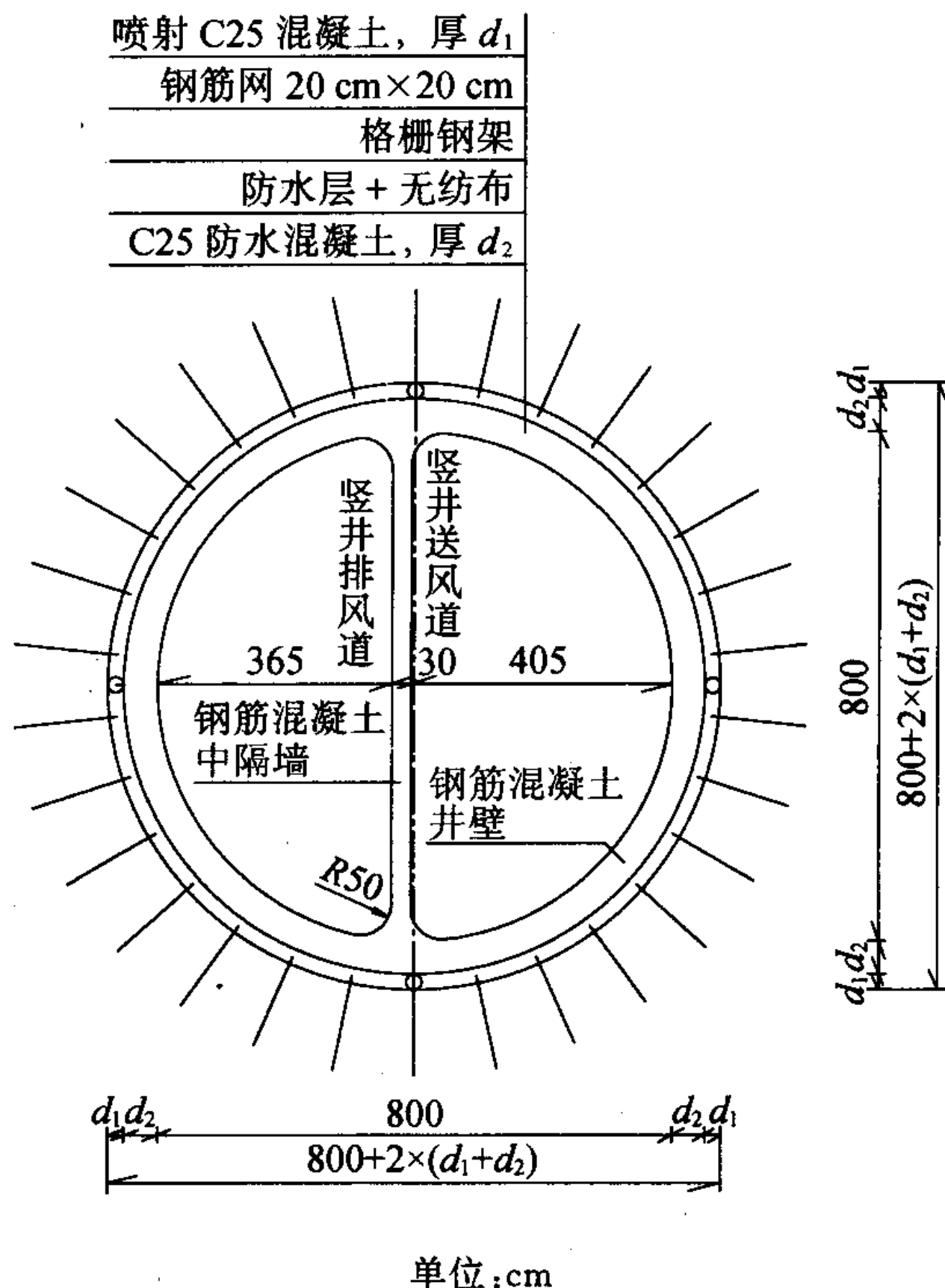


图1 竖井净空及衬砌结构

2 竖井设计简况

2.1 竖井净空断面及各项参数

竖井净空断面,综合考虑了工程造价和运营费用,并结合施工的基本要求而拟定。在选择断面形式和尺寸时,考虑了以下条件:

- (1)运营阶段各通风工况下风速和风量的要求;
(2)日施工能力和运输要求;

(3)考虑了提升容器尺寸、梯子间尺寸、管路数量以及设备间隙等因素,同时满足凿井设备的布置

2.2 地质概况

竖井井位所处地区均属湿润寒冷山地气候,雨量充沛。地下水均为基岩裂隙水,地下水类型:

HCO₃-Ca 型水,无侵蚀性。

竖井地面高程为 1 326 m,出露的地层为:上部 31 m 为第四系全新统崩积块石土,下部岩层由微风化石龙洞组(IsI)灰色厚层、巨厚层微至细晶白云质灰岩组成,岩质较坚硬,除构造和岩溶管道系统影响、岩体较破碎外,以大块砌体结构为主,纵波波速较高。岩溶发育,如遇溶洞,可能发生突泥涌水现象,属于Ⅳ级围岩, $\sigma_0=1\ 000\sim1\ 200\text{ kPa}$ 。

Ⅱ级、Ⅲ级围岩段总长 63 m,占 17.3%;Ⅳ级围岩段总长 187 m,约占 51.2%;Ⅴ级围岩段总长 115 m,约占 31.5%。围岩总体稳定性较好。

2.3 设计情况

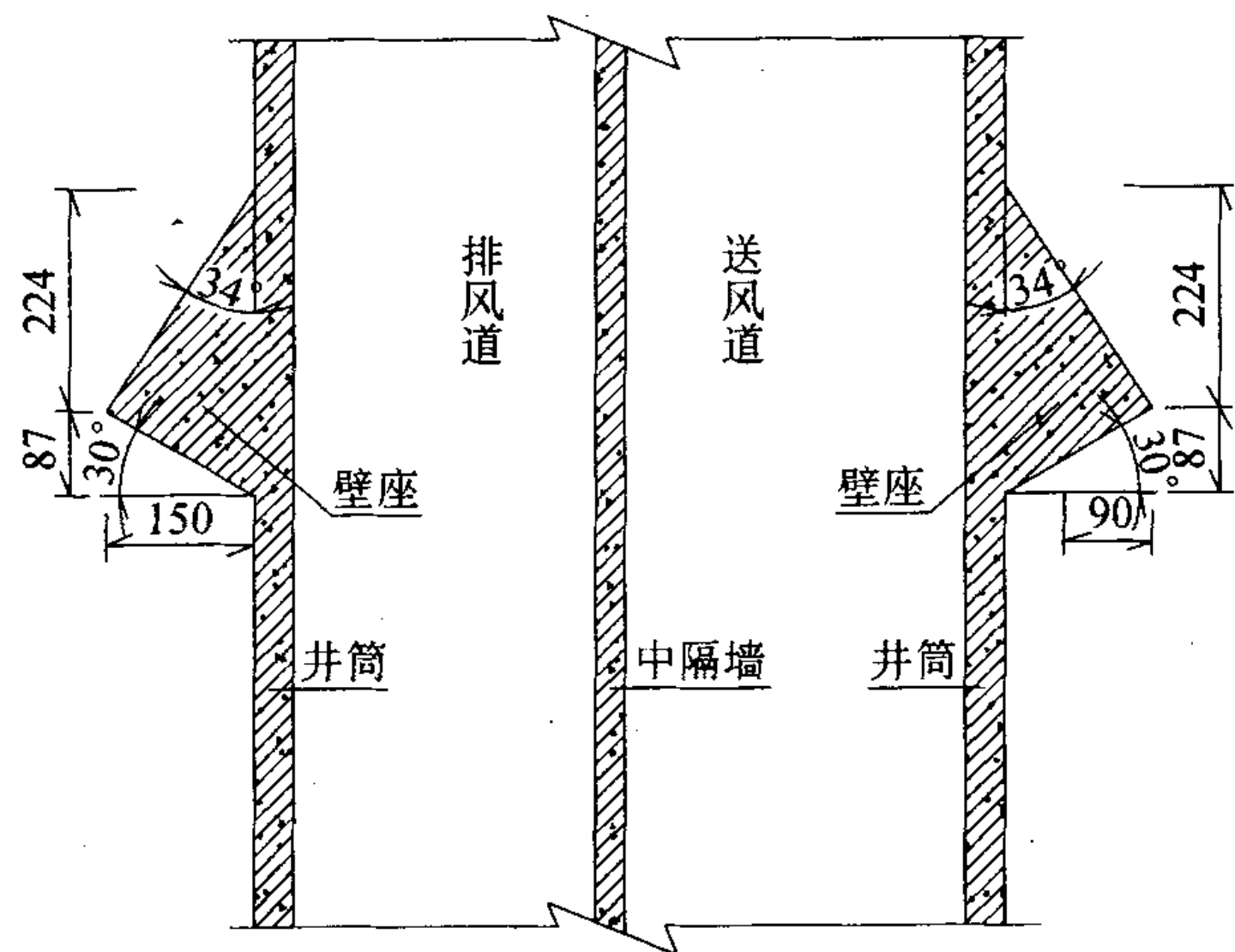
2.3.1 结构设计

竖井开挖时,根据围岩情况及时采取相应的支护措施,以控制围岩变形,防止坍塌,保证安全。对于竖井井口的Ⅱ级围岩段,考虑到均为第四系全新统崩积块石土,开挖后不稳定,极易产生坍塌。因此,设计中施工支护考虑采用锚网喷结合 I20 闭合型钢钢架支护形式,超前支护采用 $\phi 42$ 小导管注浆加固地层。设计参数为 C25 混凝土喷射厚 24 cm;双层 $\phi 8$ 钢筋网,间距为 20 cm \times 20 cm;D25 中空注浆锚杆长 3.5 m,间距为 100 cm \times 80 cm,梅花形布设;型钢钢架每 0.8 m 一榀; $\phi 42$ 小导管长 3.5 m,环向间距为 30 cm;二次衬砌设计为 C25 钢筋混凝土,厚度为 50 cm。

井身Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级围岩段施工支护考虑锚网喷联合支护,二次衬砌除井底与风道联接处 40 m 的加强段考虑采用 C25 钢筋混凝土模筑衬砌外,其余均采用 C25 混凝土模筑衬砌。C25 混凝土喷射厚度,Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级围岩分别为 20 cm、10 cm、6 cm;Ⅲ级围岩段 $\phi 22$ 锚杆长 3.0 m,间距为 100 cm \times 100 cm,梅花形布设, $\phi 22$ 格栅拱架 1.0 m 一榀;Ⅳ级围岩段 $\phi 22$ 锚杆长 2.5 m,间距为 120 cm \times 120 cm,梅花形布设;Ⅴ级围岩段考虑局部设 $\phi 22$ 锚杆,长 2.0 m;除Ⅳ级围岩段考虑局部设置 $\phi 6$ 钢筋网(间距 20 cm \times 20 cm)外,Ⅴ级围岩段均不考虑设置钢筋网。Ⅲ级围岩段二次衬砌厚 40 cm,Ⅳ级围岩段二次衬砌厚 35 cm,Ⅴ级围岩段二次衬砌厚 30 cm。

竖井中隔墙为 30 cm 厚钢筋混凝土,井口段考虑设置锁口圈,井身段考虑设置壁座。壁座的纵向间距,Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级围岩段分别为 15 m、18 m、20 m,壁座形式如图 2 所示。

2.3.2 防排水设计



单位:cm

图 2 壁座形式

(1)井位周边以 15 m 半径做环向截水沟,将地表拦截水排入附近的沟中。

(2)竖井井身及风道采用全断面防水板,纵向每 6~8 m 设置一环软式透水管,竖井衬砌背后竖向设置 4 根 $\phi 100$ PVC 管,风道两侧边墙设置 $\phi 200$ 的 PVC 管,软式透水管与 PVC 管在相交处形成三通,通过 PVC 管沿风道排走竖井及风道结构水。

(3)风机房设置单侧水沟,风道及竖井结构水均排入风机房水沟,再排入隧道结构水沟。

(4)竖井及风道施工缝均设置止水带。

3 竖井施工方法探讨

3.1 国内外竖井施工方法概述

3.1.1 凿岩爆破一次成型法

这种方法是采用机械化配套作业,自上而下施工。先掘进竖井井颈与表土段后,砌锁口圈,下掘 30~40 m 后,再安设多层吊盘,进行提升、悬吊等辅助设施的安设,然后转入井筒掘进施工。多层吊盘的使用,使多道工序能平行进行,提高了工作效率。井筒施工一次凿岩爆破成型,采用抓岩机装岩,单钩提升吊桶出渣,渣石全部由井口运出,用自卸汽车运至弃渣场。喷混凝土临时支护,液压滑动模板整体浇灌混凝土。为保持工作面空气清新,必须进行机械通风。

采用此种方法的类似工程有瑞士圣哥达山底铁路隧道 Sedrun 中间竖井(竖井深 836 m、开挖直径 8.6 m)、瑞士圣哥达公路隧道的 2 个竖井(Hospental 竖井,深 303 m,开挖直径 6.76 m;Guspelsbach 竖井,深 522 m,开挖直径 7.7 m)、秦岭终南山公路隧道 2 号竖井(井深 708.5 m,开挖直径

13 m)、江西曲江主井井筒的施工(竖井深887 m,开挖直径5.7~5.9 m),以及加拿大萨德伯里的Graig竖井(竖井深1 500 m,开挖直径6.3 m)。

此种施工方法的特点是,竖井内全部渣方均弃于井口外,需要有施工便道能修建至井口的条件,供大型设备运输和弃渣,同时井口需要有供升降机、井架等布置的施工场地。缺点是占用土地面积大,对自然环境影响较大,修建便道增加的工程量大,出渣效率较低。优点是适用的竖井深度及直径范围大,国内外工程实例较多,施工技术成熟,便于操作,施工风险小。

3.1.2 先导井、后扩挖法(反井法)

具体方法是先开挖用于溜渣的导洞,然后再用传统钻爆法自上而下扩挖成井。

导洞的施工有以下几种方法。

(1)沿竖井的设计轴线用钻爆法自上而下开挖直径较小的导洞。此种方法出渣效率高,占用井上绿地较少。

(2)爬罐法,国外有阿立马克(Alimak)内燃液压爬升机,配合内燃驱动运输车自下而上开挖导洞的机械开挖法。国内有能源部指定开发的电动爬罐,此产品可开挖竖井深达350 m,可配凿岩机具2~3台(气动、湿式、气腿向上式)。此种方法需引进国外设备,国内技术相对落后。

(3)在地表竖井设计轴线先用钻机钻出超前导孔(直径为0.2~0.3 m)后,再布置提升机,将钢丝绳穿过导孔至井底通道,由下往上扩挖一直径为2.0~2.5 m的导洞。此种方法对于深竖井,导孔方向很难达到设计要求。据了解,采用先进的施工技术,导孔的偏角也仅能控制在 0.5° ~ 1° 左右。而且,此种方法的施工安全很难保证。

(4)钻机反井、正向扩大法,该法是在地面上利用反井钻机自上而下钻一导孔(20~30 cm),然后再在井下水平巷道内安装大钻头(200~300 cm),自下而上开凿导洞。

此种方法对于竖井深度、地质条件有一定限制。据了解,国内的最好设备适用的竖井最大深度为400 m,国外设备可达到600 m。

采用反井法的类似工程有:法、意两国联合投资修建的弗雷儒斯公路隧道,意大利端的通风竖井(竖井深488 m,开挖直径5.8 m);瑞士Mappo-Morettina公路隧道的中间竖井(井深375 m,开挖直径6.8 m);山东汶南矿的矿用竖井(井深316 m,开挖

直径4.5 m)。

该种施工方法主要特点是:井筒内爆破后的岩渣,均利用小导井溜至井底通道,运出至洞外隧道专用弃渣场。井口外不弃渣或少弃渣,占用地上面积较少,井上施工机械及管理人员少。缺点是适用的竖井深度受限制,国内工程实例少,施工技术难度大,施工风险大。优点是占用地上面积小,对自然环境破坏小,修建便道规模较小或不修,底部平洞已经完成,具有出渣的便利条件,出渣效率高。

3.2 本项目施工方法的选取

夹活岩公路隧道的通风竖井,对采取以上两种施工方法施工均具有施工条件,但面临的现实是修建近6 km施工便道,没有便道可利用,且鄂西山区沟谷深切、山高坡陡,修建施工便道非常困难,综合考虑各种因素,本项目选择凿岩爆破一次成型法,采用机械化配套作业,自上而下施工。井筒施工一次凿岩爆破成型,采用挖掘机装岩,单钩提升吊桶出渣,渣石全部由井口运出,用自卸汽车运至弃渣场。喷混凝土临时支护,液压滑动模板整体浇灌混凝土。采用机械通风,保持工作面空气清新。

4 几点体会

4.1 设计方面

(1)解决采用纵向通风隧道长度限制的问题,其类型和位置的选择,须综合考虑地形、地质条件、土建费用、运营通风和防灾救援的综合效益,并且要结合施工组织设计,满足工期要求。

(2)夹活岩公路隧道通风竖井的工程规模大(竖井内径8 m,井深365 m),而对于如此规模的竖井设计,还没有本行业成熟的规定、规范和国内的工程实例。对于地下工程这个以工程类比为主要手段之一的专业来说,仅依靠目前的结构计算软件还远远不够,而不同行业的竖井又有较大的差异,因此竖井设计有一定难度。南非的ShaftSinkers(Pty)Ltd公司已经成功反井施工了最深达3 583 m,最大直径为19 m的竖井。因此,迫切需要根据国外的工程实例,结合我国的实际,制定出一套本行业可行的竖井设计要求。

4.2 施工方面

(1)凿岩爆破一次成型法的技术成熟、工程实例较多,而反井施工法相对凿岩爆破一次成型法具有其不可取代的优越性。但对长大竖井而言,反井施工法国内技术却相对滞后。因此,亟待对国外的反井施

文章编号: 0451-0712(2006)05-0216-03

中图分类号: U452.21

文献标识码: B

对《公路隧道设计规范》有关问题的探讨

殷瑞华, 朱光仪

(中交第二公路勘察设计研究院 武汉市 430052)

摘 要: 从设计、施工角度出发,对《公路隧道设计规范》(JTG D70-2004)中隧道横断面、复合衬砌结构参数、钢筋混凝土的钢筋直径和间距、隧道内排水系统设置进行了分析和探讨,提出问题产生的原因和建议了解决问题的办法。

关键词: 隧道; 横断面设计; 衬砌结构参数; 钢筋间距; 排水; 探讨

《公路隧道设计规范》(JTG D70-2004)自 2004 年 11 月 1 日实施,新规范与《公路隧道设计规范》(JTJ 026-90)相比,增加了大量的公路隧道发展的新技术、新内容,对规范日益发展的公路隧道设计行业起到了积极的促进作用。但是我们在执行、运用新规范的过程中,经过对《公路隧道设计规范》部分内容、条款进行深入的研究,并经认真分析、查证后,提出自己的一些看法和意见,以便公路隧道同仁探讨,使《公路隧道设计规范》中的内容、条款更严谨、合理。

1 隧道横断面设计

1.1 公路隧道建筑限界

图 1 为《公路隧道设计规范》(以下简称规范)和《公路工程技术标准》(以下简称标准)规定的隧道建筑限界图,从图示可以看出两者的差别主要在对侧

向余宽 C 值的规定:《公路工程技术标准》中 J 或 R 是包含 C 值 25 cm;《公路隧道设计规范》中 J 或 R 不包括 C 值 25 cm,且要求“当设置检修道或人行道时,不设余宽”(4.4.1.2 条)。

当公路隧道要求设计检修道或人行道时,《公路工程技术标准》规定车道侧线位置与《公路隧道设计规范》相差 C 值宽度,隧道建筑限界内的空间被压缩,对行车安全有一定影响,因此建议《公路隧道设计规范》 C 值的规定按《公路工程技术标准》进行修改,以便设计人员操作。

公路隧道建筑限界顶角宽度 E 值:当 $L \leq 1$ m 时, $E = L$; $L > 1$ m 时, $E = 1$ m。按《公路工程技术标准》公路隧道建筑限界图示尺寸, $E = L + C$ 。《公路隧道设计规范》公路隧道建筑限界图示尺寸, $E = L$,而《公路隧道设计规范》(JTJ 026-90)和《公路工程

收稿日期: 2005-11-01

工设备进行调研,引进国外设备,使本项目的通风竖井早日建成。

(2) 竖井深度均超过 350 m,竖井提升方式的选择和机具设备配备是一项重要的工作,应根据深竖井井筒的技术特征、地质条件和工期要求,对钻眼深度与掘进段高度、一次爆破岩石量与装岩能力、提升与装岩能力、吊桶及地面排渣能力与提升能力、井壁支护能力与掘进速度等机械化配套设备进行细致的匹配研究。

(3) 竖井施工过程中,应做好施工组织,做到安全施工。施工中,必须经常检查提升设备,确保其处

于完好状态,料斗升降速度严格控制在规定范围内,严禁快升快降。

参考文献:

- [1] JTJ 026-90,公路隧道设计规范[S].
- [2] JTJ 026.1-1999,公路隧道通风照明设计规范[S].
- [3] 铁道部第二勘测设计院. 铁路工程技术手册——隧道[M]. 1995.
- [4] 西南交通大学. 世界各国已建成和在建的长度大于 10 km 的公路隧道资料汇编[Z]. 2000.
- [5] 湖北省交通规划设计院. 沪蓉国道主干线宜昌至恩施高速公路设计文件[R]. 2004.